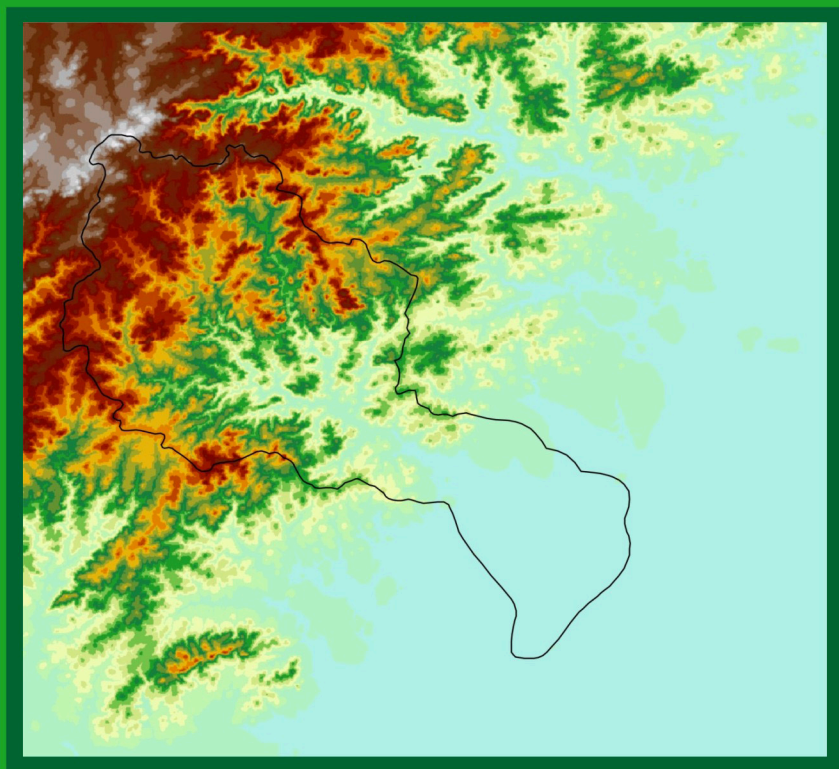


Trabalhos acadêmicos de geoprocessamento desenvolvidos no laboratório de planejamento ambiental em 2007





Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1806-9193

Dezembro, 2007

versão

ON LINE

Documentos 219

Trabalhos acadêmicos de geoprocessamento desenvolvidos no laboratório de planejamento ambiental em 2007

Editor Técnico

José Maria Filippini Alba

Pelotas, RS
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado
Endereço: BR 392, km 78
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS
Fone: (53) 3275 8199
Fax: (53) 3275 8219 - 3275 8221
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro
Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia
Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Luís Antônio Suita de Castro, Sadi Macedo Sapper, Regina das Graças V. dos Santos
Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisor de texto: Sadi Macedo Sapper
Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos
Editoração eletrônica e capa: Oscar Castro
Arte da capa: Oscar Castro

1ª edição

1ª impressão 2007: 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Alba, José Maria Filippini.

Trabalhos acadêmicos de geoprocessamento desenvolvidos no laboratório de planejamento ambiental em 2007 / José Maria Filippini Alba. -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.

66 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 219).

ISSN 1516-8840

Geomática - Sensoriamento remoto - Sistema de
informação geográfica - Banco de dados geográfico -
Análise espacial - Pelotas - Rio Grande do Sul. I. Série.

CDD 621.3678

Autores

José Maria Filippini Alba
Dr., Pesquisador
Embrapa Clima Temperado
BR 392 km 78, Caixa Postal 403
CEP 96001-970, Pelotas, RS (fili@cpact.
embrapa.br)

Andreia Castro Costa
M.Sc.
Fundação de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento
Agropecuário Edmundo Gastal
Cx. Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS
(acosta@cpact.embrapa.br)

Antônio R. Costa
Dr., Escola de Informática
Universidade Católica de Pelotas
Rua Félix da Cunha, 412
CEP 96010-000, Pelotas, RS (rocha@ucpel.tche.
br)

Cristian da Silva Moreira
Acadêmico do Curso de Geografia, UFPEL
R. Dr. Cláudio Manoel da Costa, 1294, Pelotas, RS
(crsilva23@bol.com.br)

Edinei Koester
Dr., Prof., Núcleo de Estudos da Terra
Instituto de Ciências Humanas - UFPel
Rua Coronel Alberto Rosa, 154
96010-770, Pelotas, RS
(edineikoester@yahoo.com.br)

Érica Isaurriaga Megiato
Bolsista PIBIC - CNPq
Acadêmica do Curso de Geografia - UFPel
Rua Coronel Alberto Rosa, 154
96010-770, Pelotas, RS
(ericaimeg@gmail.com)

Fábia Amorim da Costa
M.Sc., Analista
Embrapa Clima Temperado
BR 392 km 78, Cx. Postal 403
96001-970, Pelotas, RS
(fili@cpact.embrapa.br)

Fernando Uhlmann Soares
Pós-graduando do Curso de Geomática –
Universidade de Santa Maria.
Fundação de Apoio à Pesquisa e Desenvolv.
Agropecuário Edmundo Gastal
Cx. Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS
(geo_profer@yahoo.com.br)

Marilice Cordeiro Garrastazu
M.Sc., Pesquisadora
Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira km
111 Cx. Postal 319, 83411-000 - Colombo, PR
(marilice@cnpf.embrapa.br)

Sidney Gonçalves Vieira
Dr., Prof., Laboratório de Estudos Urbanos
Instituto de Ciências Humanas, UFPel
Rua Coronel Alberto Rosa, 154
96010-770, Pelotas, RS

Vanessa M. Berny
Acadêm. do Curso de Ciências da Computação
Universidade Católica de Pelotas
Bolsita Fundação de Apoio e Pesquisa e
Desenvolv. Agropecuário Edmundo Gastal
Cx. Postal 403, 96001-970, Pelotas, RS (vberny@
ucpel.tche.br)

Apresentação

O Laboratório de Planejamento Ambiental – Embrapa Clima Temperado foi criado em 1995, direcionado para geoprocessamento, com ênfase na elaboração de bancos de dados como suporte à pesquisa agropecuária, modelagem com sistemas de informação geográfica para integração de planos de informação de natureza temática e também, para o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.

Com a evolução dos processos tecnológicos em relação aos sistemas orbitais e comunicações, o geoprocessamento ganhou nova perspectiva. O aprimoramento dos sistemas de posicionamento global (GPSs) e a inserção de equipamentos na lavoura, como o piloto automático e os sensores de produtividade, deram origem à agricultura de precisão. Assim surgiram as geotecnologias, que incorporaram o geoprocessamento, especificamente no tocante ao processamento de informações por meio de aplicativos específicos.

Tecnologias atuais são de interesse às novas gerações em estágio de formação. Por isso, há um grupo de acadêmicos que desenvolve seus trabalhos de conclusão de curso, iniciação científica ou pós-graduação assistidos pelo Laboratório de Planejamento Ambiental. Esses trabalhos são geralmente apresentados em eventos, sendo registrados na forma de pôster ou resumos, sem maior detalhamento.

Neste exemplar da série Documentos foram reunidos quatro trabalhos acadêmicos, todos eles envolvendo geoprocessamento, que foram executados no Laboratório de Planejamento Ambiental – Embrapa Clima Temperado no decorrer do ano de 2007. Os temas abordados são agroenergia, diagnóstico de microbacias hidrográficas, pesquisa agropecuária e planejamento urbano, sendo os dados processados através de sistemas de informação geográfica, modelagem espaço-temporal de banco de dados e tratamento de imagens de sensoriamento remoto, respectivamente.

João Carlos Costa Gomes

Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Diagnóstico da situação canavieira no Estado do Rio Grande do Sul, com auxílio de sistema de informação geográfica. <i>Fernando Uhlmann Soares, Fábila Amorim da Costa, José Maria Filippini Alba</i>	11
Geoprocessamento para delimitação da bacia hidrográfica do arroio Pelotas. <i>Érica Insaurriaga Megiato; Marilice Cordeiro Garrastazu; Edinei Koester; José Maria Filippini Alba</i>	25
Modelagem de um Banco de Dados Geográfico com Objetos Espaço-Temporais, como suporte à pesquisa agropecuária. <i>Vanessa M. Berny, Antônio R. Costa, Andreia C. Costa</i>	37
Utilização do Processamento Digital de Imagens na Avaliação da Expansão Urbana: Estudo de caso em Pelotas-RS, no Período de 1987 a 2003. <i>Cristian da Silva Moreira, Sidney Gonçalves Vieira e José Maria Filippini Alba</i>	51

Diagnóstico da situação canavieira no estado do rio grande do sul, com auxílio de sistema de informação geográfica

Fernando Uhlmann Soares
Fábia Amorim da Costa
José Maria Filippini Alba

Resumo

Em pleno século XXI, o governo federal retoma seu interesse no plantio da cana-de-açúcar com o Plano Nacional de Desenvolvimento Agrário (2006 - 2011). À iniciativa estatal, acrescentam-se investimentos particulares para a ampliação dos canaviais e da produção de biocombustível no Rio Grande do Sul. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) auxiliam na visualização da produção e áreas potenciais, facilitando a tomada de decisões de gestão e planejamento.

Introdução

O tema agroenergia adquire cada vez mais importância, haja vista a preocupação e pressão por parte da sociedade e da administração pública em substituir ou minimizar os impactos da matriz energética atual baseada na queima de combustíveis fósseis. Com o crescente aporte de investimentos em pesquisas e estruturas produtivas, os biocombustíveis ampliam gradativamente seu potencial na geração de energia.

O Brasil se insere nesse contexto em virtude da existência de clima tropical favorável, espaços produtivos em potencial e de sua tradição canavieira para produção de açúcar, aguardente e álcool combustível. No mesmo sentido, o setor norte do Rio Grande do Sul, com potencial climático para o plantio, busca ampliar seu espaço, investindo na melhora e ampliação dos cultivos direcionado à produção dos álcoois anidro e hidratado.

Assim, este trabalho tem como escopo a análise espacial da produção da cultura da cana-de-açúcar nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, considerando dados de área plantada, produtividade e percentual de uso da superfície em relação à superfície total de cada município. Através dos mapas, pretende-se uma melhor visualização espacial das áreas inseridas ou não nos diversos momentos do processo produtivo, bem como formar base para análises temporais futuras. Dessa forma, espera-se demonstrar a eficácia dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para a análise espacial dos dados, potencializando o uso das informações na tomada de decisões para aprimorar os investimentos na cultura.

Histórico da produção de cana-de-açúcar

Todos os historiadores concordam com a origem asiática da cana-de-açúcar; no entanto, o plantio inicial da gramínea pode ter ocorrido na Polinésia ou em Papua Nova Guiné, dirigindo-se posteriormente para a Índia (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2007).

No Brasil, atribui-se oficialmente a Martim Afonso de Souza o plantio das primeiras mudas e o início do cultivo na capitania de São Vicente, em 1532, na primeira vila fundada pelos portugueses, localizada na atual Baixada Santista. Porém, apesar da construção do primeiro engenho no Estado de São Paulo, foi no Nordeste brasileiro, nas capitanias de Pernambuco e Bahia, que os engenhos se multiplicaram (UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA, 2007).

O clima tropical quente e úmido, o fértil solo nordestino de massapé e a mão-de-obra escrava africana lançaram as bases para consolidar a produção canavieira no Brasil colônia. Voltada inicialmente para a produção do açúcar, a cana-de-açúcar se transformou num dos principais ciclos econômicos e tornou-se um dos cultivos mais importantes do País, com uso crescente na produção de álcool combustível para os dias atuais.

Após transformar o Nordeste brasileiro na primeira região de plantio e espalhar-se pela região Sudeste, esta gramínea retoma sua importância nos cenários econômicos, nacional e internacional, em pleno início de século XXI. Sucedendo a criação do Programa Nacional do Álcool em 1975 (PRO-ALCOOL, 2007), o Governo Federal apresenta agora o Plano Nacional de Agroenergia para o período 2006-2011 (BRASIL, 2005, 2006), que reúne ações estratégicas para promover a redução no uso de combustíveis fósseis e, ao mesmo tempo, ampliar a produção e consumo de biocombustíveis, buscando, ainda, a proteção do meio ambiente, o mercado internacional e a inclusão social.

Entre suas metas, o Plano Nacional de Agroenergia destaca o zoneamento agroecológico de espécies importantes para a agricultura de energia, em áreas tradicionais e de expansão de fronteiras, orientando investimentos públicos e privados. Entre tantos outros temas, seu texto também prioriza o melhoramento genético, pelas vias tradicional e biotecnológica, o que permitirá aprimorar a produtividade sem significativa extensão das terras cultivadas.

Neste sentido, vários estados brasileiros estão aumentando seus plantios de cana-de-açúcar em decorrência das melhorias na produção e da instalação de usinas do setor sucroalcooleiro.

O Rio Grande do Sul se insere nesse contexto ao direcionar investimentos, público e privado, em pesquisas para aprimoramento da produção agrícola por meio de melhoramento vegetal, eficiência agrônômica e zoneamentos

edáfico-climáticos. Assim, amplia-se a perspectiva do desenvolvimento canavieiro gaúcho no sentido de buscar potenciais no clima subtropical que possui restrições às áreas com risco de baixas temperaturas e freqüentes geadas.

O cultivo da cana-de-açúcar foi introduzido no Rio Grande do Sul em 1725, nos municípios de Torres, Osório e Santo Antônio da Patrulha (RIO GRANDE DO SUL, 2007), sendo que, na atualidade, as regiões das Missões, Médio Alto Uruguai e Central ostentam metade da produção sul-rio-grandense. A relação com a produção nacional é pouco significativa; assim, a importância da produção estadual está radicada na agricultura familiar, em função das atividades em pequenas e médias propriedades, direcionada à criação de gado e processamento artesanal de subprodutos como melado, rapadura, açúcar mascavo e cachaça.

Dessa maneira, busca-se ampliar a perspectiva de plantio canavieiro em diversas regiões, onde, segundo dados do Balanço Nacional de Cana-de-açúcar e Agroenergia, elaborado pelo Mapa, a produção de álcool hidratado no estado gaúcho se consolidou apenas nos anos 90 após tímido início em fins da década de 60 (BRASIL, 2007a).

Materiais e Métodos

O estudo se direcionou ao Estado do Rio Grande do Sul, localizado ao sul do trópico de Capricórnio, no setor sul da denominada “região de clima temperado” que, mais precisamente, apresenta-se com características subtropicais com inverno marcante (MALUF et al., 2007). Foram avaliados todos os seus municípios, independente da existência de plantios de cana-de-açúcar.

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Planejamento Ambiental da Embrapa Clima Temperado, envolvendo a utilização do Sistema de Informação Geográfica ArcGis (ESRI, 1999)

Foram considerados os dados do ano de 2005, mais recentes disponíveis, da produção de cana-de-açúcar por município (IBGE, 2007). Os dados da produção nacional são do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2007b).

Os mapas foram elaborados após registro das informações no SIG e criteriosa análise e classificação das classes da legenda para realçar a visualização das informações, envolvendo, em ocasiões, procedimentos de cálculo.

Resultados e Discussão

Na Figura 1 é apresentado o mapa de área plantada de cana-de-açúcar, no ano de 2005, nos municípios do Rio Grande do Sul.

Notadamente, a porção Norte do Estado possui as maiores áreas destinadas à produção, enquanto que no Sul o número de municípios produtores é reduzido. A priori, a característica latifundiária presente no Sul seria a mais interessante para a prática canavieira; no entanto, cede lugar ao Norte do Estado de pequenas e médias propriedades, em decorrência das condições edafoclimáticas mais favoráveis.

A história brasileira retrata o uso das grandes propriedades, nas regiões Nordeste e Sudeste, para implantação do modelo agrícola exportador de produtos do setor sucroalcooleiro. No caso do Rio Grande do Sul, a situação inverte-se uma vez que as áreas destinadas para a produção são as de menor dimensão em relação às maiores utilizadas para o pastoreio e outros cultivos. A diferenciação climática combinada ao tipo de relevo mais abrupto e o destino da produção, bem como o diferencial no processo histórico de colonização são alguns fatores que vincularam o plantio da cana-de-açúcar à propriedade agrícola familiar estabelecida no Rio Grande do Sul.

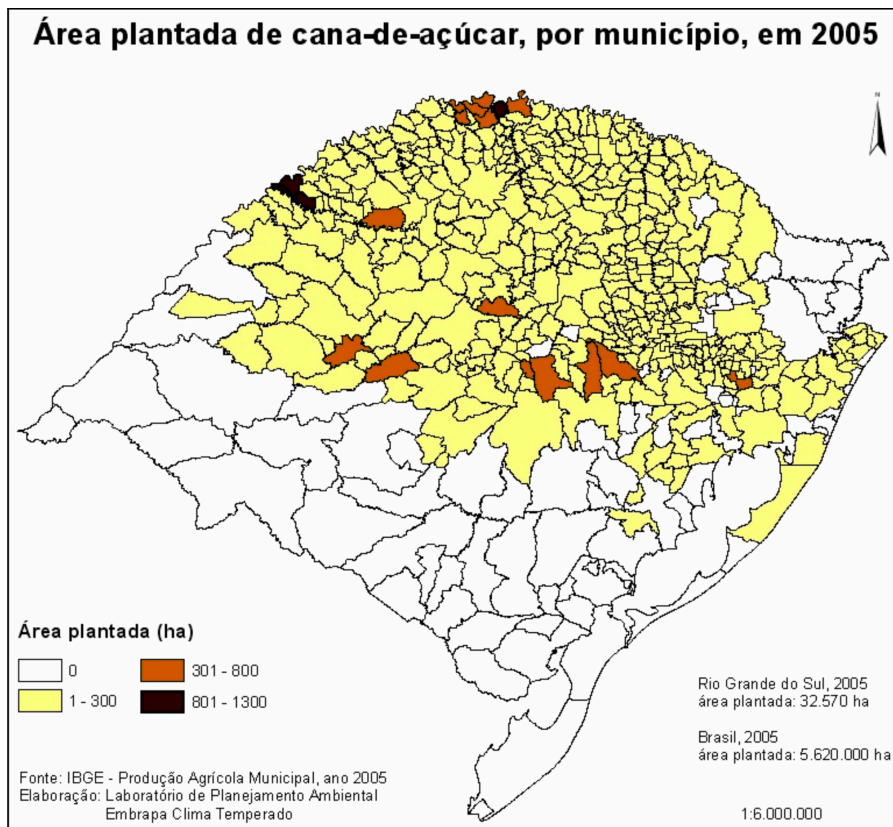


Figura 1. Mapa da área plantada de cana-de-açúcar, por município, no ano de 2005.

Esta situação fica clara quando Heidrich (2004) salienta que o sul apresenta características de campanha onde predomina a atividade pastoril e a concentração da propriedade fundiária coerentes com a dinâmica da estância que exige maiores extensões de terra e reduzida mão-de-obra. Já o norte define-se pela economia de base agrícola que evolui para o predomínio

de pequenos e médios estabelecimentos com vínculos estreitos com a indústria. Deve-se ressaltar que o limite entre minifúndio e latifúndio varia de acordo com a região e, normalmente, nas regiões da Campanha e da Fronteira Oeste, onde os solos são mais frágeis, necessita-se de áreas maiores para viabilizar a produção (RIO GRANDE DO SUL, 2007).

Assim, municípios com nenhum ou até 300 hectares de área plantada são os de maior número no Estado. Os de 301 até 800 hectares estão distribuídos principalmente no Médio Alto Uruguai, Missões, região Central, Vale do Rio Pardo e Vale do Rio dos Sinos (Figura 1). Regiões que englobam os municípios com maior produção em hectares plantados, dos quais Roque Gonzales, Porto Xavier e Iraí são os que disponibilizaram mais de 800 hectares para plantio.

Ao considerar a produção em toneladas, resulta evidente a existência de um número expressivo de municípios gaúchos com produção abaixo das 3.000 toneladas ou até mesmo sem produção (Figura 2). Ao mesmo tempo, municípios com produção acima de 20.000 toneladas sugerem a possibilidade de ampliação dos canaviais. No entanto, verifica-se que a porção Sul do Estado não possui representatividade, uma vez que não possui área produtora significativa (Figura 1).

As variabilidades de solo e temperatura são essenciais na configuração espacial da produção. Nota-se uma concentração na região norte em detrimento do sul, influenciada provavelmente por menores temperaturas e risco marcante de geadas. O desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar é prejudicado quando a temperatura fica abaixo de 18°C ou 20°C, dependendo da existência ou não de irrigação (WREGE, 2004). Essa característica diferenciada faz com que os processos agroindustriais acabem se direcionando para as áreas que despontam no plantio de cana-de-açúcar.

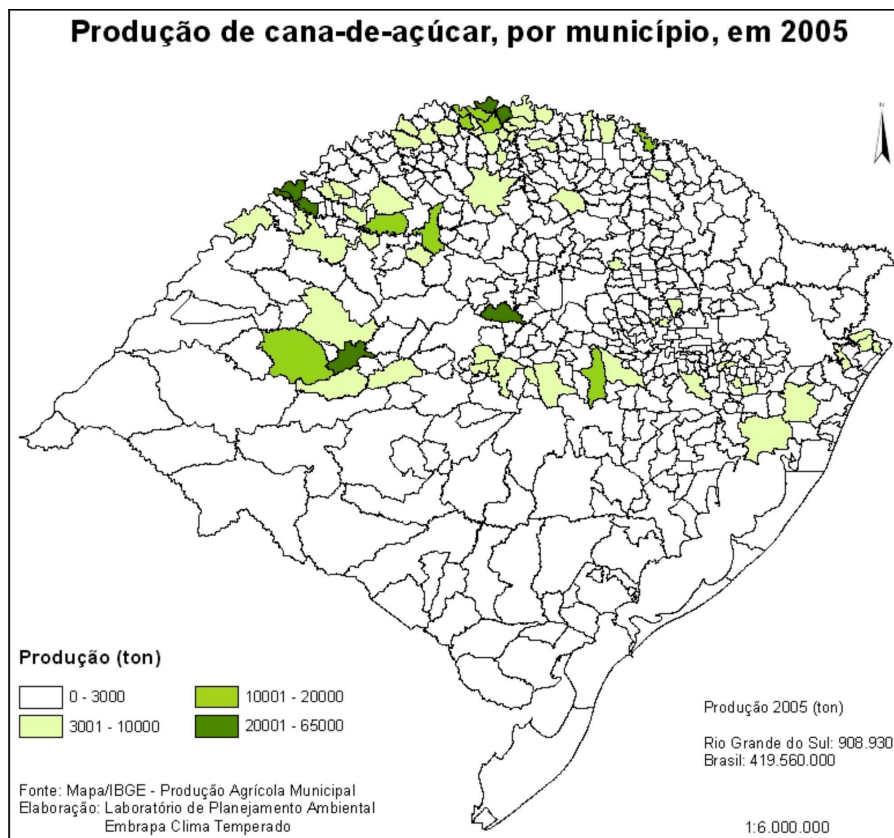


Figura 2. Mapa da produção de cana-de-açúcar, por município, no ano de 2005.

Existe uma diferença notável de produtividade ao se comparar os contextos nacional e estadual. Enquanto o Brasil possui produtividade de 72,8 toneladas por hectare, o Rio Grande do Sul fica bem abaixo, com 20,6 toneladas por hectare. A discrepância refere-se provavelmente ao destino da produção que, no caso das principais regiões produtoras do sudeste e nordeste brasileiro, destinam-se às grandes usinas do setor sucroalcooleiro. Em relação ao Rio Grande do Sul, a cana-

de-açúcar destina-se principalmente à produção de cachaça artesanal, açúcar mascavo, melado e alimentação do gado.

Observa-se que alguns dos melhores índices de produtividade estão nas regiões próximas aos empreendimentos usineiros, tais como a COOPERCANA de Porto Xavier, a Limana na cidade de Jaguari e o projeto da Norobios em São Luiz Gonzaga. No entanto, os municípios Salto do Jacuí e Camargo, localizados no setor centro-norte do Estado e distantes dos principais empreendimentos, possuem rendimentos maiores que a média nacional. Aparecem em vermelho na Figura 3.

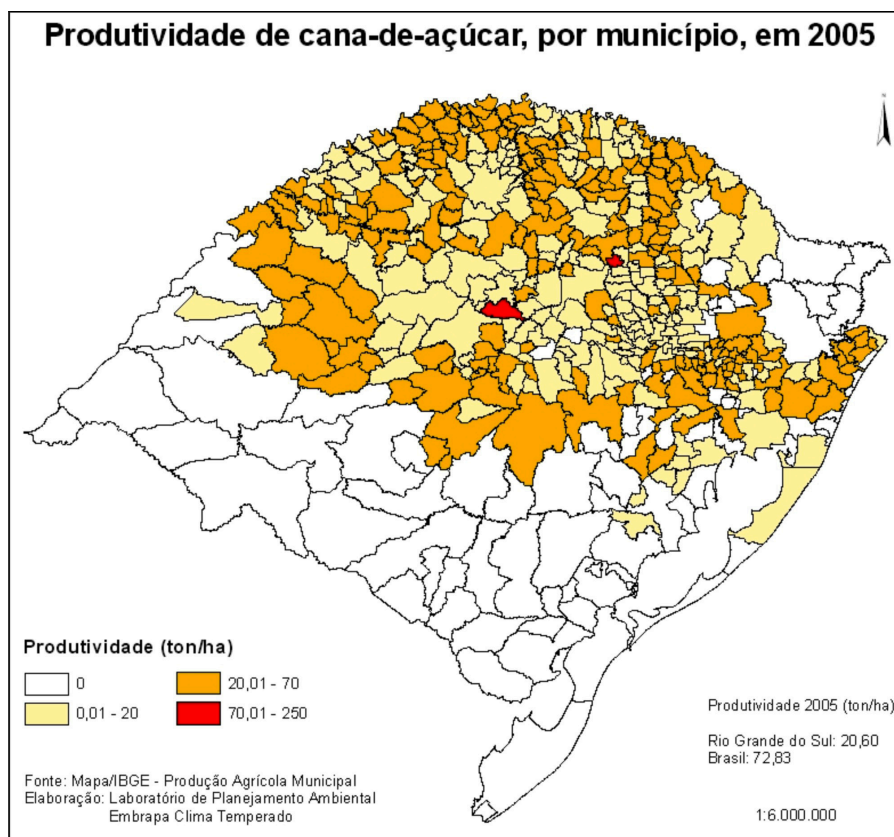


Figura 3. Mapa da produtividade de cana-de-açúcar, por município, no ano de 2005.

Embora a cultura canavieira represente umas das principais produções brasileiras, para exportação posterior de açúcar e álcool, observa-se que a área usada para esta cultura ainda é incipiente se tomado como parâmetro à extensão territorial nacional total (Figura 4).

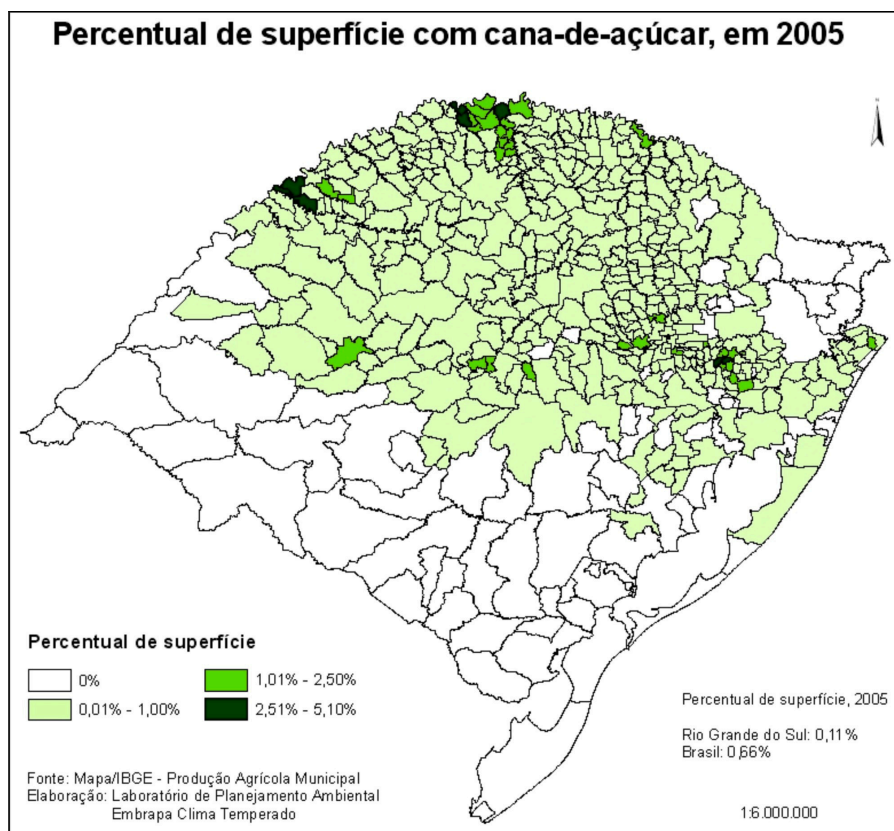


Figura 4. Mapa do percentual de superfície plantada com cana-de-açúcar, por município, no ano de 2005.

Evidentemente, o valor de 0,66% de produtividade brasileira tornar-se-ia mais significativo caso fossem retirados do estudo a área correspondente à região norte amazônica, por exemplo, ou outras com produção pouco significativa ou inexistente. No entanto, em virtude de uma contínua expansão das áreas produtivas, optou-se por manter a relação com todo o território que pode acabar acrescentando parte da mesma no processo produtivo.

Da mesma forma, o Rio Grande do Sul apresenta-se com área plantada (0,11%) que é seis vezes menor que o correspondente nacional (0,66%). Destaca-se que, descartando a Metade Sul do Estado, com produção quase inexistente, o percentual de área plantada seria de 0,20%. Constata-se ainda, que as áreas com maior percentual de superfície com cana-de-açúcar são aquelas nas quais existe projeto ou instalação de usinas para transformação imediata da matéria-prima.

Considerações Finais

Os mapas elaborados possibilitaram a análise espacial da informação, permitindo uma rápida avaliação da distribuição da produção de cana-de-açúcar e da tendência da expansão futura, resultando em instrumento de utilidade para o planejamento da atividade, para a ampliação da pesquisa e viabilização de investimentos a serem realizados no contexto estadual.

O uso do mapa como suporte no direcionamento dos estudos e investimentos nas regiões se justifica na possibilidade de estender o cultivo às propriedades de pequeno, médio ou até mesmo grande porte, após estudos criteriosos de viabilidade de produção.

Para tanto, o uso das ferramentas de geoprocessamento consorciadas aos estudos de clima e solo, são

importantíssimos, tanto na análise e verificação das áreas com aptidão para produção canavieira, quanto à instalação industrial sucroalcooleira.

Os SIGs permitem integrar níveis de informação diferenciados, como tipo de solo, aptidão agrícola do solo, risco de geada e temperatura média, viabilizando o uso racional dos espaços territoriais, potencializando a produtividade agrícola e reduzindo os impactos ambientais. Enfim, trata-se de um instrumento fundamental para o ordenamento territorial.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. Balanço nacional da cana-de-açúcar e de agroenergia 2007. Brasília, DF: Secretaria de Política Agrícola, 2007a. 140 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. Cana-de-açúcar e agroenergia. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 09 nov. 2007b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. Plano nacional de agroenergia 2006-2011. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 118 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Produção e Agroenergia. Plano nacional de agroenergia 2006-2011. 2. ed. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.

ESRI. ArcGis 9 – ArcMap (software). Redlands: ESRI, 1999. 5 CD-ROM.

HEIDRICH. A. L. Além do latifúndio: geografia do interesse econômico gaúcho. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2004. 212 p.

IBGE. Cidades@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 18 jun. 2007.

MALUF, J.R.; WESTPHALEN, S.L.; MATZENAUER, R.; MALUF, D.E. Zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, visando a produção de açúcar e álcool. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2-5 jul. 2007, Aracajú. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007, 1 CD-rom.

PRO-ALCOOL. Evolução do programa nacional do álcool. Biodiesel. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>>. Acesso em: 5 nov. 2007.

RIO GRANDE DO SUL. Atlas socioeconômico Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/>>. Acesso em: 1 jul. 2007.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. Curiosidades: Cana de açúcar – linha do tempo. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/>>. Acesso em: 3 nov. 2007.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. Portal UNICA. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/>>. Acesso em: 30 out. 2007.

WREGE, M. S. Delimitação de regiões com potencial de cultivo econômico da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), no estado do Paraná por meio da análise de riscos climáticos. 2004, 98 p. Tese (Doutorado em Agronomia) Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

Geoprocessamento para delimitação da bacia hidrográfica do Arroio Pelotas

*Érica Insaurreaga Megiato
Marilice Cordeiro Garrastazu
Edinei Koester
José Maria Filippini Alba*

Resumo

Os Sistemas de Informação Geográfica - SIGs são aplicativos usados para criar, manipular e gerar dados a partir das informações espaciais organizadas segundo níveis de informação. As bacias hidrográficas constituem um sistema complexo do meio físico, integrando diversos fatores que convivem e dependem dos seus recursos naturais, assim como os processos dinâmicos da natureza.

Para o conhecimento do meio físico das bacias hidrográficas, os SIGs se tornam aliados importantes, pois permitem modelar as informações cartográficas, analisar riscos ambientais e planejar o uso apropriado dessas áreas.

Esse trabalho apresenta uma metodologia para elaboração de SIG da bacia hidrográfica do arroio Pelotas (BHAP), apresentando resultados preliminares relativos à delimitação e quantificação da área.

Palavras-chaves:

Sistemas de informações geográficas, bacia hidrográfica, banco de dados georreferenciados.

1. Introdução

O uso de geoprocessamento tem-se tornado cada vez mais freqüente para os estudos de impacto ambiental e planejamento regional. O termo geoprocessamento refere-se a um conjunto de procedimentos, geralmente de natureza computacional, utilizados para a coleta e tratamento de informações espaciais. Dados digitais de diversas fontes podem ser organizados em planos de informação, segundo representações vetoriais, poligonais ou matriciais, que ao serem integrados com auxílio de procedimentos lógicos e matemáticos, produzem novas informações, de utilidade para a tomada de decisões.

Segundo Assad e Sano (1998) o geoprocessamento é uma área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o manuseio de informações geográficas. Seu campo de aplicação é amplo, sendo utilizado na cartografia, na análise espacial de recursos naturais, no planejamento urbano - regional e também nos estudos de bacias hidrográficas (BONHAM-CARTER, 1994; ROCHA, 2000). Os instrumentos computacionais, ou seja, o conjunto de softwares e hardwares relacionados ao geoprocessamento são conhecidos como Sistemas de Informação Geográfica – SIGs.

O presente trabalho tem como objetivo geral mostrar a metodologia para a elaboração de um sistema de informação geográfica da bacia hidrográfica do arroio Pelotas (BHAP). Objetivos específicos são a geração da base cartográfica digital em escala 1:50.000 a partir das cartas topográficas que abrangem os municípios de Pelotas, Canguçu, Morro Redondo e Arroio do Padre; organizada segundo planos de informação da

hidrografia, a topografia e o modelo digital de elevação (MDE). Esses planos de informação foram utilizados para demarcar o contorno da referida bacia hidrográfica.

1.1 Relevância do tema e justificativas

As microbacias hidrográficas são unidades territoriais que integram um sistema maior, representado por sub-bacias hidrográficas inseridas no contexto de uma bacia hidrográfica, onde os processos químicos, físicos e biológicos podem ser considerados equivalentes, constituindo um domínio ambiental adequado do ponto de vista de planejamento regional e ordenamento territorial.

O homem apropriou-se das áreas de bacias hidrográficas desde os primórdios da ocupação da Terra, tanto pela proximidade da água quanto pela possibilidade de extrair recursos naturais e minerais essenciais para o seu sustento.

Levando em conta o caráter finito dos recursos naturais não renováveis e o intervalo de tempo longo associado à gênese dos recursos renováveis, se comparados à expectativa de vida humana, é relevante para o homem ordenar o território, planejar sua utilização e estabelecer critérios para sua exploração. Dessa forma, os recursos naturais poderão ser utilizados de forma racional promovendo a sustentabilidade ambiental (BELTRAME, 1994). Os procedimentos de geoprocessamento encontram-se perfeitamente alinhados com essa proposta, principalmente do ponto de vista de tomada de decisões.

1.2. As bacias hidrográficas como unidades de estudo

A água é uma substância fundamental na natureza, pelas suas características de solvente universal e sua participação imprescindível no metabolismo dos seres vivos. Entre suas

inúmeras funções, se destaca sua ação modeladora do relevo da superfície terrestre, tornando-se elemento principal em geomorfologia.

Os fluxos de água superficiais ou subsuperficiais definem a erosão e deposição de sedimentos, estes resultam da interação de fatores bióticos, como a flora e a fauna, com os fatores abióticos como o clima, o substrato rochoso, o solo e o relevo que interagem com os fatores antrópicos gerados pelo uso e ocupação do solo que compõe a área de uma bacia hidrográfica (GUERRA; CUNHA, 2001).

A microbacia constitui a menor unidade territorial no contexto de uma bacia hidrográfica; no entanto, os princípios que atuam no sistema são equivalentes aos relacionados com as sub-bacias e bacias hidrográficas, com restrições unicamente em função da escala de trabalho.

2. Materiais e Métodos

2.1 Estruturação do Sistema de Informações Geográficas - SIG

A estruturação de uma base cartográfica digital para o COREDE Sul em ambiente SIG visa dar apoio a projetos de pesquisa de monitoramento - planejamento ambiental e gestão territorial, bem como dar suporte à elaboração de mapas temáticos: tipo de solo, aptidão agrícola, déficit hídrico, temperatura, fundamentais na estruturação de zoneamentos edafoclimáticos (MARTINELLI, 2003).

O sistema de informação geográfica da sub-bacia do arroio Pelotas foi elaborado no laboratório de Planejamento Ambiental da Embrapa Clima Temperado. Para isso, os dados espaciais foram armazenados em formato matricial e vetorial, utilizando as cartas topográficas em escala 1:50.000 (BRASIL, 1979). A forma matricial é obtida pela digitalização da carta analógica por meio de scanner formato A3. Posteriormente, os arquivos

gerados são registrados (georreferenciados) utilizando os pontos de intersecção da grade de coordenadas UTM, referenciando assim cada parte da carta rasterizada, para compor o mosaico final.

Para a etapa de vetorização, a carta rasterizada insere-se como plano de fundo no monitor, com auxílio de aplicativo específico e os temas (hidrografia, topografia, rede viária) são extraídos, compondo arquivos digitais em formato vetorial. Associadas aos arquivos digitalizados, são inseridas informações alfa-numéricas. O produto final resultou no mosaico das cartas na escala 1:50.000 divididas em função dos Conselhos Regionais de Desenvolvimento da Zona Sul – COREDE Sul (Figura 1).

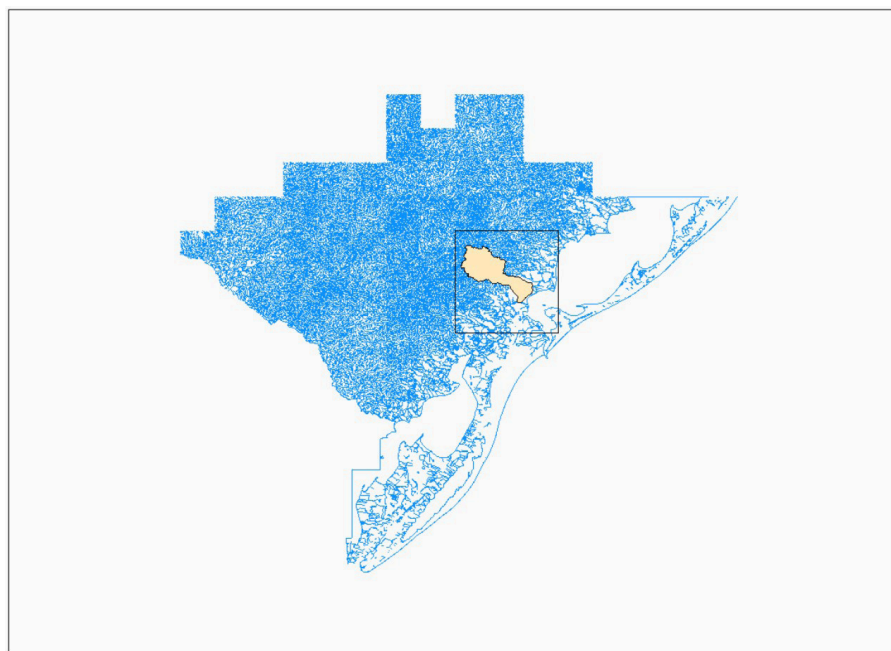


Figura 1. Base Cartográfica Digital do COREDE Sul, tema hidrografia com a sobreposição da área de estudo, ou seja a bacia hidrográfica do arroio Pelotas - MBHP.

2.2 Banco de dados georreferenciados para a sub-bacia hidrográfica do Arroio Pelotas

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) utilizam banco de dados geográficos, os quais além de ter a capacidade de armazenar inúmeras informações a respeito do atributo que está sendo utilizado, como informações alfanuméricas, permite também a armazenagem de dados referentes à localização do objeto (ASSAD; SANO, 1998).

A partir do mosaico das informações vetoriais da BCD do COREDE Sul foi feito um recorte da área de estudo, que foi definida por um retângulo formado com as cartas em escala 1:50.000 que envolvem a Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP). As cartas que compõem a área de estudo são as cartas da 1ª Divisão de Levantamento com as folhas: SH 22 3010-4, SH 22 3011-3, SH 22 3011-4, SH 22 3019-2, SH 22 3020-1, SH 22 3020-1, SH 22 3020-2, SH 22 3019-4, SH 22 3020-3 e SH 22 3020-4.

Com a Base Cartográfica Digital do COREDE Sul, foram feitos recortes utilizando o retângulo da área de estudo como máscara, fazendo um *clip* sobre os seguintes temas: hidrografia, topografia e rede viária. Esses recortes formaram para cada tema um novo arquivo, ou plano de informação com uma base cartográfica da área de estudo, formando assim um banco de dados georreferenciados da área da bacia estruturado no programa ArcGis 9.0. A partir desse banco de dados inicial, será possível a entrada de dados, a edição dos temas, assim como a elaboração de mapas temáticos referentes a BHAP.

2.3 Localização da área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP) se localiza (Figura 2) nos municípios de Canguçu, Pelotas, Morro Redondo e Arroio do Padre, sendo que a maior porção dessa se encontra dentro do município de Pelotas. As nascentes do principal afluente,

o Arroio Pelotas encontram-se no município de Canguçu, no Escudo Cristalino próximo á área urbana do município. A foz da bacia se encontra na planície costeira no Município de Pelotas, onde o Arroio Pelotas deságua no Canal São Gonçalo, pertencendo, portanto, à bacia hidrográfica São Gonçalo Mirim.

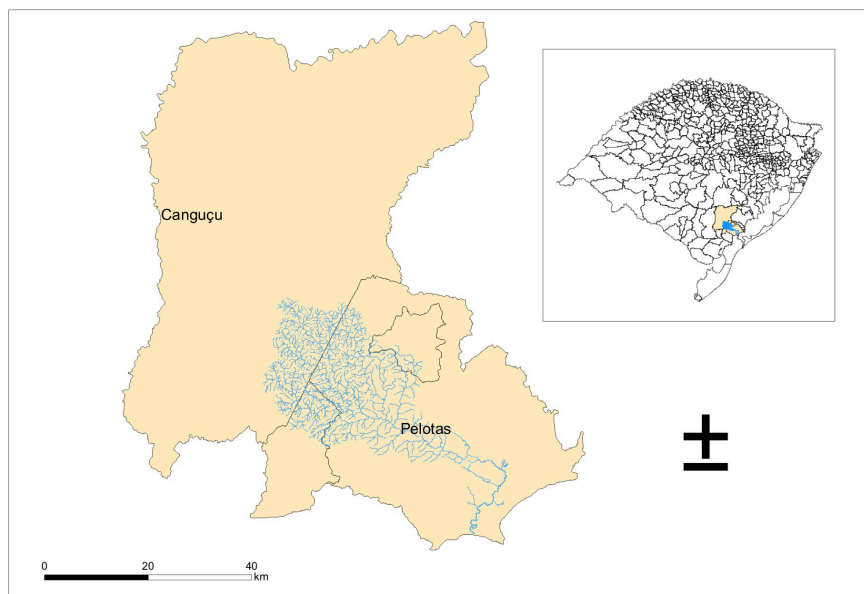


Figura 2. Localização da BHAP nos municípios da Região Sul do relação aos municípios do seu entorno.

3. Resultados e Discussão

3.1 Modelo de Elevação do Terreno (TIN)

O método TIN (do inglês "*Triangular Irregular Network*") ou grade triangular para elaboração do modelo digital de elevação, é uma estrutura do tipo vetorial com topologia tipo nó-arco e representa uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas (Assad; Sano, 1998). Esse procedimento estabelece triângulos a partir dos valores de elevação ou de altitude do terreno, fazendo com que para cada um dos três vértices das faces dos triângulos sejam armazenadas as coordenadas de localização (x, y) e o atributo z referente à média de altitude. Segundo os autores, quanto mais eqüiláteras forem às faces que compõem os triângulos, o resultado terá maior precisão. Esse sistema é composto por uma estrutura vetorial que utiliza os tipos de vetor: nó e arco, ou seja, ponto e linha. Para a geração do modelo de elevação do terreno da BHAP foram utilizados os valores das isolinhas das curvas de nível vetorizadas de 20 em 20 metros e também os valores dos pontos cotados da carta. O arquivo vetorial referente à topografia foi trabalhado no programa ESRI (1999) e apresenta-se na Figura 3.

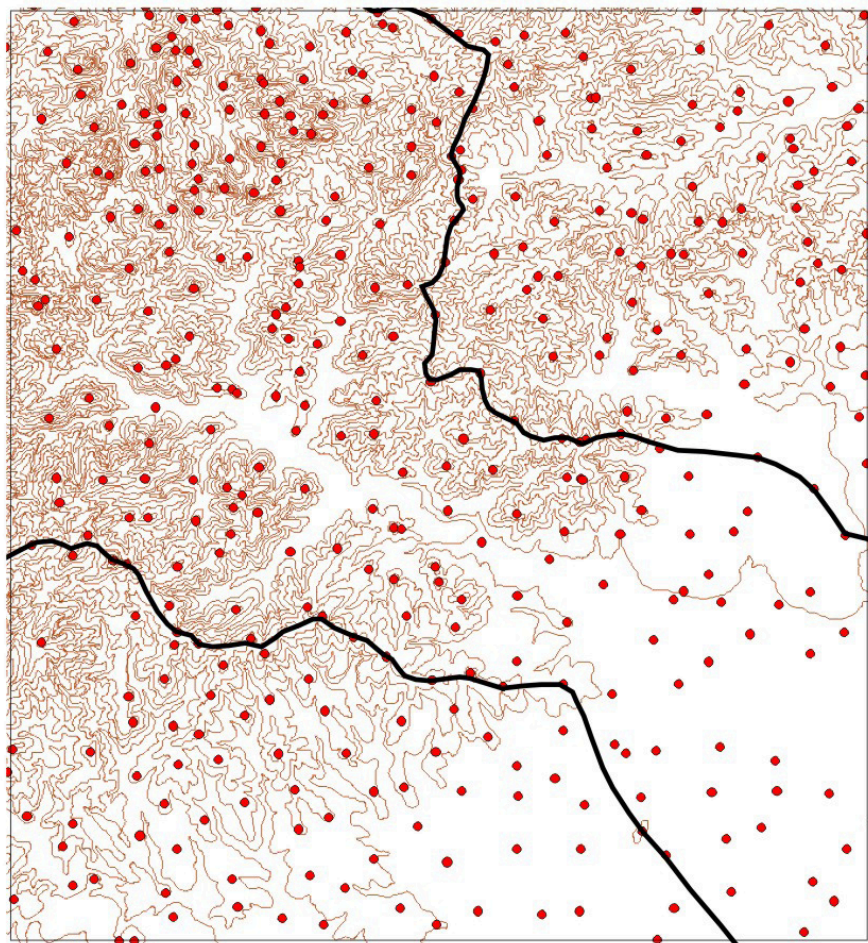


Figura 3. Detalhe das curvas de nível e pontos cotados utilizados para gerar o modelo digital de elevação. Folha cartográfica 1:50.000 Monte Bonito - MI 3020/1).

3.2 Delimitação da área da BHAP

Sabendo que uma bacia hidrográfica é delimitada pelos divisores de água, pode-se delimitar o contorno da bacia através dos dados altimétricos. A BHAP está localizada sobre duas províncias geomorfológicas distintas, sendo a parte norte da bacia localizada no Escudo e a parte sul sobre a Planície Costeira (Figura 4) e possui uma área de aproximadamente 91.082 hectares, sendo que a maior porção se encontra dentro do município de Pelotas. É no município de Canguçu que se localiza a 2ª maior porção da sub-bacia, onde encontra-se a nascente do seu principal afluente, o Arroio Pelotas. Também ocupa uma pequena porcentagem da área dos municípios de Morro Redondo e Arroio do Padre.

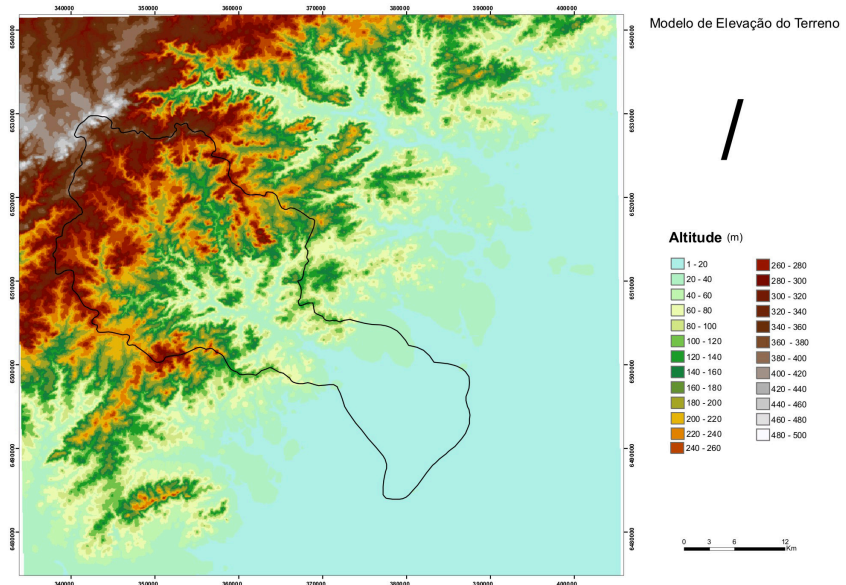


Figura 4. Modelo Digital de Elevação da BHAP (contorno preto) baseado no método TIN.

Considerações Finais

Foram apresentados resultados preliminares sobre a BHAP, sendo demarcados seus limites e calculada a sua extensão. O procedimento utilizado, baseado em ferramentas de geoprocessamento, poderá ser aplicado para qualquer microbacia, sub-bacia ou bacia hidrográfica.

A BHAP apresenta-se com duas áreas contrastantes em termos de relevo, fato que influencia as formas de uso e ocupação. Para dar continuidade ao trabalho, serão digitalizados mapas da geologia e geomorfologia da área, sendo extraídas informações da ocupação atual, via imagens de sensoriamento remoto.

Referências

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na agricultura. 2 ed. Brasília: EMBRAPA - CPAC 1998. 434 p.

BELTRAME, A. Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.

BONHAM-CARTER, G. F. Geographic information systems for geoscientists Ottawa: Pergamon, 1994. 397p. (Computer Methods in the Geosciences, volume 13).

BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico. Região Sul do Brasil – 1:50.000. Folha SH 22-Y-D-IV-3 MI-3020/3 (Pelotas). Porto Alegre, 1979. 1 mapa.

ESRI. ArcGis 9 – ArcMap (software). Redlands: ESRI, 1999. 5 CD-ROM.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 472 p.

MALUF, J.R.; WESTPHALEN, S.L.; MATZENAUER, R.; MALUF, D.E. Zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul, visando a produção de açúcar e álcool. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2-5 jul. 2007, Aracajú. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007, 1 CD-rom.

MARTINELLI, M. Mapas da geografia e cartografia temática. São Paulo: Contexto, 2003. 112 p.

ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento tecnologia transdisciplinar. Ed. Do Autor. JUIZ DE FORA, 2000. 220 p.

Modelagem de um Banco de Dados Geográfico com Objetos Espaço-Temporais como Suporte à Pesquisa Agropecuária

Vanessa M. Berny

Antônio R. Costa

Andreia Castro Costa

Resumo

A necessidade de armazenar dados espaciais é um processo histórico, que acompanha a humanidade desde o começo da civilização. Na atualidade isso pode ser desenvolvido por meio da informática, sendo elaborado um banco de dados geográficos. Trata-se de um processo dinâmico, onde a variável tempo torna-se essencial, sendo integrada à representação espacial dos objetos.

Esta proposta contempla a modelagem de banco de dados geográficos, ou seja, dados associados ao espaço físico, segundo uma representação espaço-temporal. Considerou-se um projeto em andamento na Embrapa Clima Temperado, focado no desenvolvimento de insumos agrícolas, a partir de subprodutos do setor energético.

Palavras chave: geoprocessamento, pesquisa agropecuária, banco de dados

1. Introdução

Este trabalho trata de um banco de dados inserido em um projeto em andamento na Embrapa Clima Temperado, focado no desenvolvimento de insumos agrícolas com base nos subprodutos de uma empresa do setor de energia. As diferentes etapas do projeto envolvem a caracterização desses subprodutos e a avaliação da eficiência agronômica e da segurança ambiental e alimentar dos novos insumos, considerando sistemas produtivos de diferentes regiões do Sul do Brasil.

Com a demanda dessas informações obtidas através de pesquisas e análises realizadas nos experimentos do projeto, constata-se a necessidade da implementação de um Banco de Dados Geográfico (BDG) com Modelo de Objetos Temporais (MOT), focado na manipulação de dados espaço-temporais, ou seja, cada modificação realizada nos atributos e relacionamentos dos objetos está armazenada na base de dados, formando um histórico de alterações decorrentes dos avanços dessas pesquisas. Deste modo, nenhuma informação é sobrescrita, ao contrário dos bancos de dados convencionais.

Segundo Câmara (2005), a maioria das aplicações de tecnologia de informação utiliza representações estáticas de fenômenos espaciais, pois a principal abstração utilizada em BDG é o mapa. No entanto, esse conjunto de fenômenos espaço-temporal que estamos tratando é inerentemente dinâmico, sendo que as representações estáticas não são capazes de capturá-los de forma adequada. Este trabalho busca a aplicação de um modelo espaço-temporal, que seja capaz de representar adequadamente todos esses fenômenos importantes para o resultado das pesquisas.

Desta forma, o objetivo geral desta proposta é a incorporação do BDG, juntamente com um MOT existente, considerando seus conceitos, sua representação computacional e estratégias para tratar informações históricas, permitindo armazenar e recuperar

todos os estados de um objeto (atual, passado e futuro previsto), registrando sua evolução com o passar do tempo (EDELWEISS, 1998) tanto a nível descritivo quanto espacial.

A vantagem da implementação da proposta supracitada é a possibilidade de demonstrar e avaliar a importância da representação do mundo real com o objetivo de elaborar um sistema espaço-temporal que atenda as necessidades dos usuários envolvidos. Para tanto, algumas questões estão sendo investigadas e respondidas. Essas questões envolvem a visão do mundo inerente ao sistema, as regras aplicáveis, o comportamento dos objetos ao longo do tempo, a interpretação da variação do tempo, a natureza das mudanças, os processos de validação envolvidos e a integridade dos dados.

2. Banco de Dados Espaço-Temporal do Projeto

A incorporação de um banco com um modelo de objetos espaço-temporais, denominado framework GeoFrame/T (ROCHA, 2001), está sendo implementado em nível conceitual e físico do mencionado projeto. Nesta modelagem, estão sendo considerados conceitos, representação computacional apropriada e estratégias para tratar informações históricas, permitindo armazenar e recuperar todos os estados de um objeto (atual, passado e futuro), registrando este processo evolutivo ao longo do tempo.

Este sistema de informação objetiva disponibilizar aos usuários um banco, capaz de armazenar os dados resultantes das pesquisas, podendo realizar consultas espaço-temporais através da geração de gráficos, exibição de mapas com informações pré-selecionadas e relatórios alfanuméricos do projeto em questão, dentre outros tipos de consultas que estão em fase de elaboração.

O projeto está dividido em nove módulos de atuação (Figura 1). O desenvolvimento de cada um desses módulos está seguindo

uma sequência de etapas: levantamentos de requisitos e análise de dados, modelagem, implementação e testes. Atualmente, os módulos Caracterização Ambiental (Geoprocessamento) e Eficiência Agronômica estão em fase de testes (nível físico) e o módulo de Segurança Alimentar está na fase conceitual.

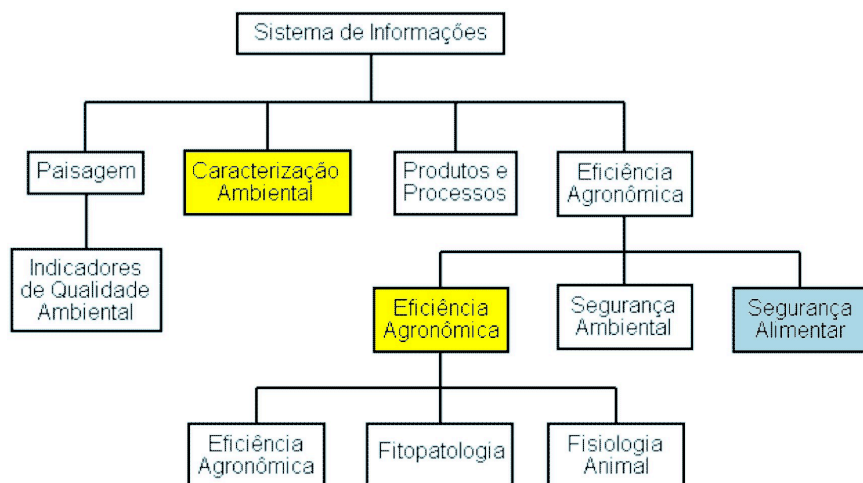


Figura 1. Módulos do Projeto.

3. Ferramentas Utilizadas

3.1 Ferramentas de Modelagem

A modelagem está sendo estruturada na Linguagem de Modelagem Unificada (UML), uma padronização das metodologias de desenvolvimento de projetos baseados em orientação a objetos (BOOCH, 2000). Esta linguagem incorpora as noções de desenvolvimento de software totalmente visual, baseia-se em diagramas que são modelados e classificados em visões de abstração. Alguns conceitos da UML Temporal

(TUML), desenvolvido por Svinterikou e Theodoulidis (1997) estão sendo utilizados pelo framework GeoFrame-T¹ e aplicados indiretamente nesta modelagem.

Os diagramas estão sendo gerados pelo software ArgoCASEGEO (UNIVERSIDADE, 2007), ferramenta para concepção da modelagem de dados baseada na UML. Esses diagramas visam facilitar a visualização de como os dados são armazenados e consultados no banco de dados, além da representação diferenciada dos dados espaciais e não espaciais, temporais e não temporais, através de estereótipos (ROCHA, 2001).

3.2 Ferramentas de Armazenamento e Visualização

Para o armazenamento das informações é utilizado o Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto-Relacional (SGBDOR) PostgreSQL. Este foi selecionado devido às suas características de independência de plataforma, compatibilidade com várias linguagens de programação, interface gráfica de gerenciamento, e principalmente, por sua extensão PostGis para base de dados georreferenciados, além de serem de uso livre e de código aberto.

O PostGis é uma extensão que habilita o uso de tipos e funções de um banco de dados espacial no PostgreSQL, permitindo que os objetos espaciais sejam armazenados (OPENGIS, 2007a). Este inclui suporte para índices espaciais, funções para análise básica e processamento de informações espaciais.

Esses objetos podem ser acessados através do software MapServer (UNIVERSITY, 2007). Desta forma, a visualização dessas informações espaciais são realizadas através desse servidor, que se adapta a especificação do Servidor de Mapas OpenGIS (OPENGIS, 2007b), isto é, um ambiente

¹ Modelo conceitual de dados que dispõe construtores especiais para modelar tanto os campos quanto os objetos geográficos.

de desenvolvimento de código aberto para construção de aplicativos espaciais na *web*. O MapServer permite a visualização dos dados espaciais, os quais podem direcionar os usuários a verificação de conteúdos pré-selecionados durante uma determinada consulta.

3.3 Ferramentas de Implementação

Conforme descrito anteriormente, o sistema será acessado via *web*. As linguagens selecionadas para a implementação do sistema foram o Program Hypertext Preprocessor - PHP (php group, 2007) e HyperText Markup Language - HTML. A primeira foi selecionada em razão de sua capacidade de atender várias plataformas, podendo ser usada na maioria dos sistemas operacionais; além disso, apresenta-se com código aberto e roda diretamente no servidor. A segunda linguagem selecionada pode ser interpretada por diversos navegadores, como: Internet Explorer, Firefox e Opera. Os formulários estão implementados na linguagem PHP, utilizando uma biblioteca de geração do código HTML (WALTER, 2007) facilitando a implementação, tornando a criação dos formulários mais prática e eficiente.

4. Exemplo da Modelagem

O GeoFrame-T (ROCHA, 2001) uma extensão temporal do framework GeoFrame (LISBOA, 1999), dá uma visão espaço-temporal ao mesmo, fornecendo uma hierarquia de classes que possibilita a representação do tempo em nível de objetos, atributos e relacionamentos espaciais e não-espaciais dos objetos modelados que constituem a realidade de um banco de dados geográfico.

Na Figura 2 é apresentada a classe objeto temporal no GeoFrame-T, representando os conceitos temporais do módulo de geoprocessamento. Nesta figura, a classe Região representa

o maior espaço geográfico onde se encontram os locais (classe Local). Em cada local, existem áreas experimentais (classe AreaExperimental), onde são implantados os experimentos do projeto (classe Experimento). Cada experimento está dividido verticalmente, em blocos (classe Bloco) e horizontalmente, em sistemas (classe Sistema). Em cada bloco, existe uma repetição dos tratamentos (adição de fungicidas, inseticidas, fertilizantes, herbicidas), os quais são aplicados no solo e nas culturas (batata, feijão, arroz, etc). Os sistemas podem ser divididos em uma ou mais faixas e em cada faixa podem ser plantadas diferentes culturas. Os blocos e faixas são divididos em parcelas (classe Parcela), que são consideradas a menor porção de terra para um estudo minucioso dos tratamentos empregados.

O diagrama da Figura 2 contempla as classes espaço-temporais, representadas pelos estereótipos, proporcionando a mudança através do tempo das informações espaciais, como por exemplo, a geometria de cada classe. Já os relacionamentos temporais entre as classes espaço-temporais garantem, dentro de seu período de validade, o armazenamento das instâncias entre as mesmas.

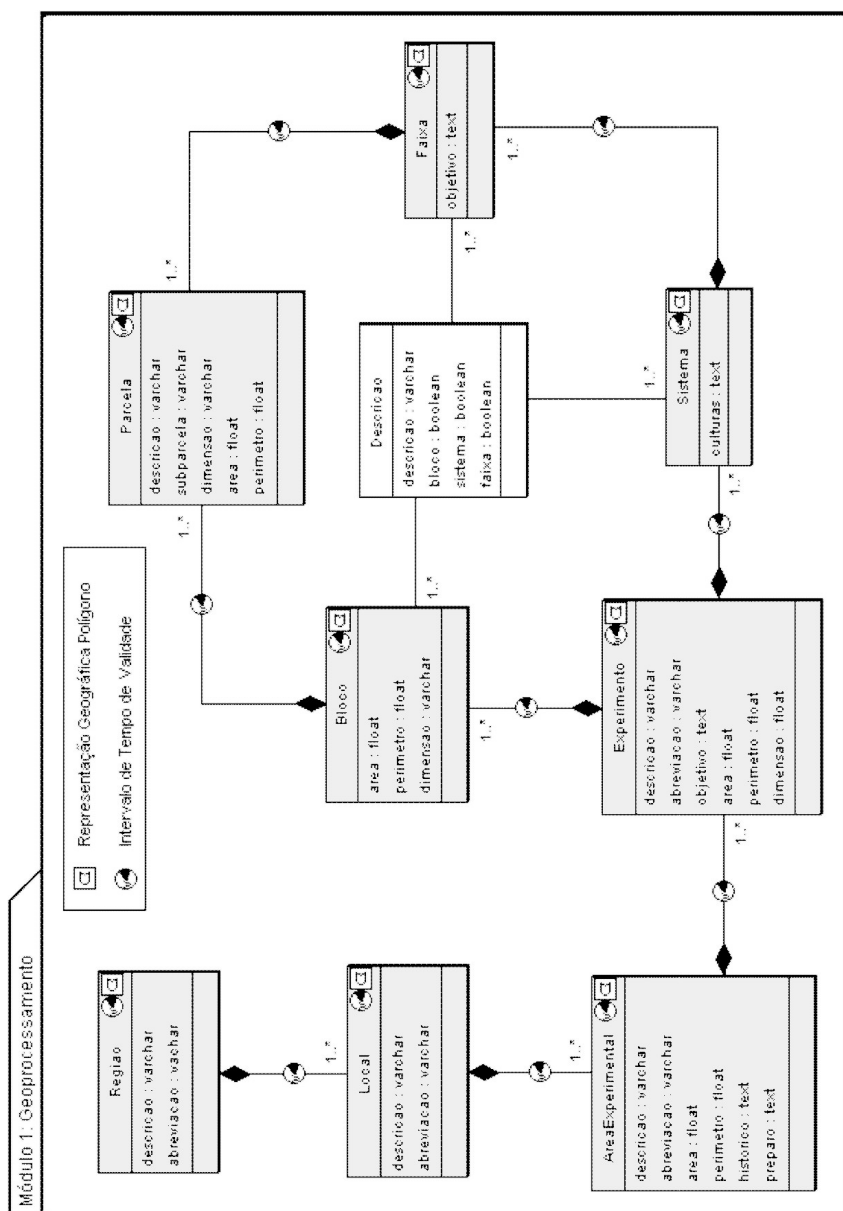


Figura 2. Visão do Módulo Geoprocessamento, empregando o Framework Geoframe-T.

Na Figura 3 é apresentado um exemplo de três classes do módulo de Eficiência Agronômica, envolvendo fenômenos geográficos e não-geográficos com representações temporais (objeto, atributo e relacionamento).

A classe Experimento tem representação espacial (do tipo polígono) e temporal. Esta classe é nomeada como temporal, por apresentar um intervalo de tempo de validade, isto é, dentro deste intervalo seus atributos estão válidos para a manipulação do usuário.

Nas classes espaciais, optou-se por representar a geometria do objeto (TheGeometry) como um atributo temporal. Segundo o modelo conceitual GeoFrame-T, as classes são representadas pelos estereótipos temporais e espaciais. Estes estereótipos juntos especificam que sua representação espacial é temporal, isto é, sua geometria pode ser manipulada ao longo do tempo de validade do objeto. Caso contrário, se os estereótipos da classe estiverem separados, a geometria do objeto será estática e somente seu último registro será mantido.

Na Figura 3, a classe Manejo representa uma classe não-espacial e temporal. Seus atributos são representados por intervalo de tempo de validade. Esta classe possui um relacionamento temporal com a classe Experimento, mantendo um histórico de tempo das instâncias, possibilitando a realização de vários manejos no mesmo experimento.

A classe Equipamento representa uma classe não-espacial e não-temporal, que possui um relacionamento com a classe Manejo, pois um manejo pode ser realizado por um equipamento. Desta forma, a classe Manejo tem o atributo codEquipamento temporal, isto é, ao longo do tempo de validade deste atributo poderão ser modificados os tipos de equipamentos realizados em um manejo.

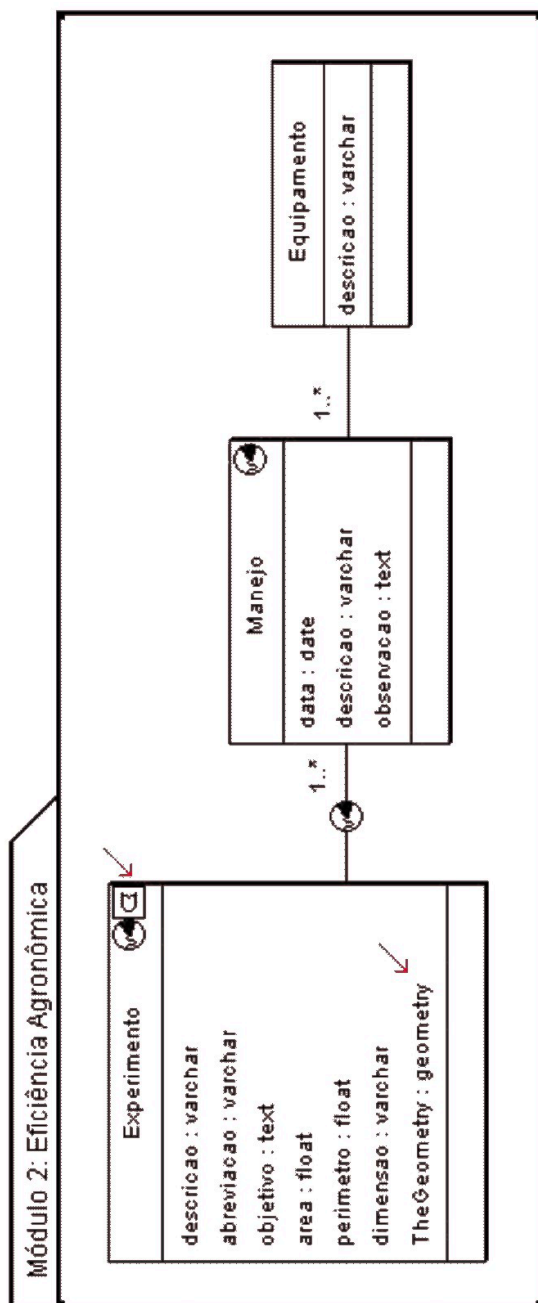


Figura 3. Exemplo de Classes envolvendo Fenômenos Geográficos e Temporais

Na Figura 4 são apresentadas as instâncias* das classes abordadas na figura anterior. A instância da classe Experimento possui uma característica temporal de validade, com data de início e data de término, atribuídas pelo usuário. A instância da classe "Manejo" possui as mesmas características temporais da classe "Experimento", isto é, a manipulação dos atributos só pode ser realizada no período de validade do objeto atualizado da classe "Manejo". O relacionamento temporal entre as classes "Experimento" e "Manejo" possibilita seu uso durante o ciclo de vida de validade do experimento.

Dentro do período de validade deste objeto atualizado, torna-se possível executar modificações nos atributos de propriedade temporal (objetivo, área, perímetro, dimensão e geometria). Quando ocorrer o seu término de validade, dia 01/02/2008 no exemplo (Figura 4), os atributos não poderão mais ser modificados pelo usuário; assim, este objeto só será consultado. Caso necessário, o administrador do sistema efetuará as respectivas alterações.

* No contexto de banco de dados, "instância" significa a concretização de uma classe.

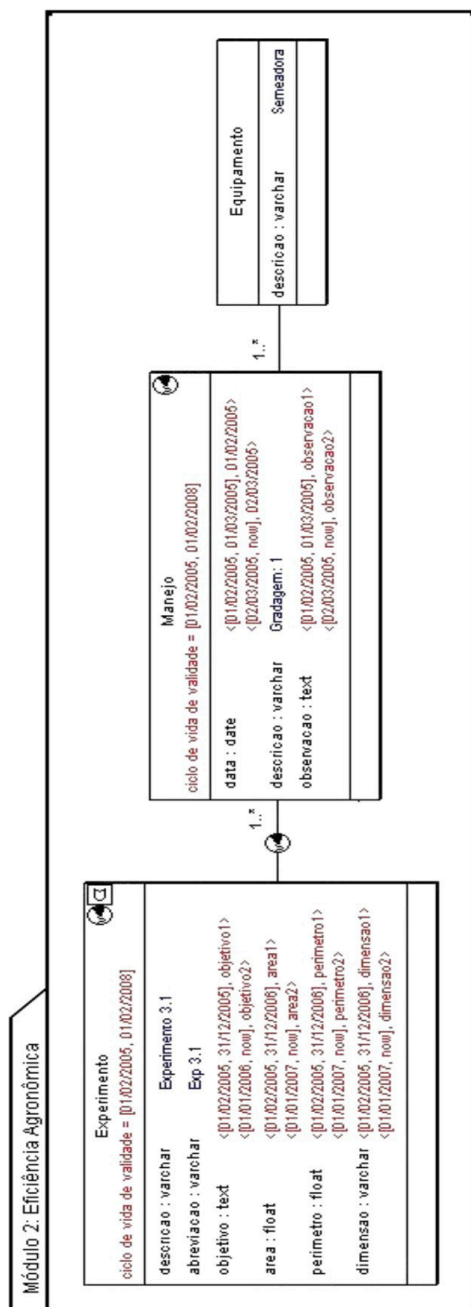


Figura 4. Instâncias das Classes envolvendo Fenômenos Geográficos e Temporais.

5. Considerações finais

A modelagem do sistema utilizado o framework conceitual de dados, GeoFrame-T, apresenta algumas vantagens importantes que facilitam a visualização do projeto, colaborando para elaboração de uma estrutura mais concisa e eficiente das informações envolvidas no processo. Através deste modelo, a modelagem tornou-se mais clara, uma vez que utiliza os conceitos do padrão UML. Além disso, o uso de estereótipos permite, sem sobrecarregar visualmente o diagrama, a diferenciação entre os objetos geográficos, não-geográficos, temporais e não-temporais. Outro fator importante é a divisão do diagrama em temas (pacotes), tornando-o de fácil compreensão, pois uma modelagem muito extensa prejudica o entendimento do modelo.

Desta forma, o objetivo dessa proposta foi alcançado, demonstrando a importância de modelar um projeto com um framework conceitual capaz de contemplar estereótipos, conceitos de UML, temas e principalmente representações espaço-temporais das informações envolvidas no projeto.

Referências

BOOCH, G. UML: guia do usuário. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 472 p.

CÂMARA, G; CASANOVA, M.; DAVIS, C.; VINHAS, L; QUEIRÓS, G. Banco de dados geográficos. Curitiba: Mundogeo, 2005. 500 p.

EDELWEISS, N. Bancos de dados temporais: teoria e prática. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 18., 1998. Anais.... Recife: Sociedade Brasileira de Computação, 1998. p. 225-282.

LISBOA, J. Projeto de banco de dados para sistemas

de informação geográfica, 1999. Disponível em:
<<http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2001e2/tutoriais/ProjetoDeBDparaSistemasdeInformacaoGeografica.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2007.

OPENGIS CONSORTIUM. The open gis specification model, 1998. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/bp>>. Acesso em: 1 mar. 2007a.

OPENGIS CONSORTIUM. PostGIS. v1.2.1, 2005. Disponível em: <<http://postgis.refrations.net/download>>. Acesso em: 28 mar. 2007b.

PHP GROUP. PHP v5.1.4, 2005. Disponível em:<[HTTP://br.php.net/DOWLOADS.php](http://br.php.net/DOWLOADS.php)>. Acesso em: 28 mar. 2007. PAPHTMLLIB.

ROCHA, L.V. GeoFrame-T: Um framework conceitual temporal para aplicações de sistemas de informações geográficos. 2001. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SVINTERIKOU, M.;THEODOULIDIS, B.Temporal unified modelling language, 1997. Manchester: University of Manchester Institute of Science and Technology.Technical report TR97-1.

UNIVERSIDADE DE VIÇOSA. Ferramenta ArgoCASEGEO. v2.0, 2005. <<http://www.dpi.ufv.br/projetos/argocasegeo>>. Acesso em: 17 Maio 2007.

UNIVERSITY OF MINNESOTA. MapServer. Disponível em: <<http://mapserver.gis.umn.edu>>. Acesso em: 18 mar. 2007.

WALTER, A.B. SOFTWARE PHPHTMLLIB V3.0.2, 2005. Disponível em: <[http://phphtmlib.newsblob.com./](http://phphtmlib.newsblob.com/)>. Acesso em: 28 mar. 2007.

Utilização do processamento digital de imagens na avaliação da expansão urbana: Estudo de caso em Pelotas - RS, no período de 1987 a 2003

*Cristian da Silva Moreira Sidney
Gonçalves Vieira e José Maria
Filippini Alba*

Resumo

O presente trabalho teve o objetivo de analisar a evolução do perímetro urbano da cidade de Pelotas – RS, através de imagens de sensoriamento remoto captadas pelos sensores temáticos dos satélites da série Landsat, correspondentes aos anos 1987, 1995 e 2003. A avaliação foi realizada considerando, de maneira parcial, as zonas estabelecidas no plano diretor da cidade. A evolução do perímetro urbano foi avaliada através da digitalização dos polígonos de ocupação e o cálculo de áreas com softwares específicos. O bloco principal da cidade, que envolveu o centro e os bairros próximos, mostrou-se com um crescimento uniforme no período 1987 - 2003, com taxa de 2% ao ano e expansão absoluta de 1331 hectares (31% da área em 1987). Na região norte do bairro Três Vendas e no Litoral da Lagoa dos Patos, houve um crescimento mais expressivo, com taxas de 4 -10 % ao ano, porém inferior em termos absolutos, 687 hectares (120 % da área em 1987). Essa situação se justifica pela restrição de áreas desocupadas no Centro e proximidades

e a maior expansão do espaço ocupado nas regiões Norte e Litoral.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, geoprocessamento, análise espacial, geografia urbana.

1. Introdução

O crescimento demográfico e a emigração rural se intensificaram significativamente na segunda metade do século XX, quando houve valorização maior da terra nas áreas urbanas em relação ao meio rural. Assim, com a colaboração dos avanços na medicina, houve um adensamento populacional, usualmente sem planejamento, que derivou na deterioração das estruturas urbanas, que não conseguem atender às necessidades básicas da população. Alagamentos, loteamentos irregulares e ocupação desordenada, relacionados com áreas baixas, como banhados ou margens de rios, caracterizam essa situação (SOARES, 2007; MELO, 2007; TUCCI, 2002).

O monitoramento desses problemas pode ser realizado via imagens de sensoriamento remoto. Segundo Estman (1998), o sensoriamento remoto pode ser definido como “a indicação de interações entre os materiais da superfície terrestre e a energia eletromagnética”. Para ficar mais clara esta definição, torna-se importante recorrermos a exemplos práticos, como o da visão e do tato. Nossos olhos servem como exemplos claros de sensoriamento remoto, pois eles são capazes de coletar as informações ao seu redor a partir da reflectância emitida pelos objetos, segundo as diversas tonalidades de cor, sem precisar entrar em contato com nenhum destes objetos. De maneira contrária, o tato precisa do contato com objeto para efetuar uma avaliação.

Os sensores que coletam informações a partir da reflectância dos objetos existentes na superfície terrestre, podem ser divididos em dois tipos: (1) sensores passivos; (2) sensores ativos. O tipo (1) depende da energia solar para monitorar a superfície do planeta, sendo os mais utilizados. Um dos

exemplos mais simples deste tipo de sensor são as fotografias. Os sensores tipo (2) não dependem da luz solar, pois possuem fonte de energia própria, como no caso dos radares.

Existem três tipos de interações da energia eletromagnética com os objetos terrestres: (a) reflexão; (b) absorção; e (c) transmissão. Destas três, a mais importante para os estudos de sensoriamento remoto é a reflexão, sendo que esta depende da natureza do material que é constituído o objeto que está refletindo. Essa quantidade analisada nos diversos comprimentos de onda denomina-se padrão de resposta espectral ou assinatura espectral.

O presente trabalho visou analisar a evolução do perímetro urbano do município de Pelotas através de imagens orbitais no período 1987 – 2003, considerando dados dos sensores temáticos do satélite Landsat 5. Assim, a seguir, efetua-se uma descrição sucinta da cidade de Pelotas – RS, sendo posteriormente realizado um breve histórico sobre os satélites da série Landsat.

1.1 Estrutura urbana de Pelotas

De acordo com os estudos realizados para a efetivação do III Plano Diretor de Pelotas, a cidade apresenta-se com sete regiões administrativas: Areal, Barragem, Centro, Fragata, Laranjal, São Gonçalo e Três vendas (Figura 1).

Para fins deste estudo, os bairros de Pelotas foram divididos em três regiões, denominadas região Central, região Norte e região Laranjal. Na região Central, estão inseridos os bairros Areal, Barragem, Centro, Fragata, São Gonçalo e grande parte do bairro Três vendas, ficando de fora apenas algumas partes mais ao norte do bairro que foram, por isso constituídos em novo polígono, formando a região Norte. A região Litoral engloba o bairro Laranjal e a colônia Z3.

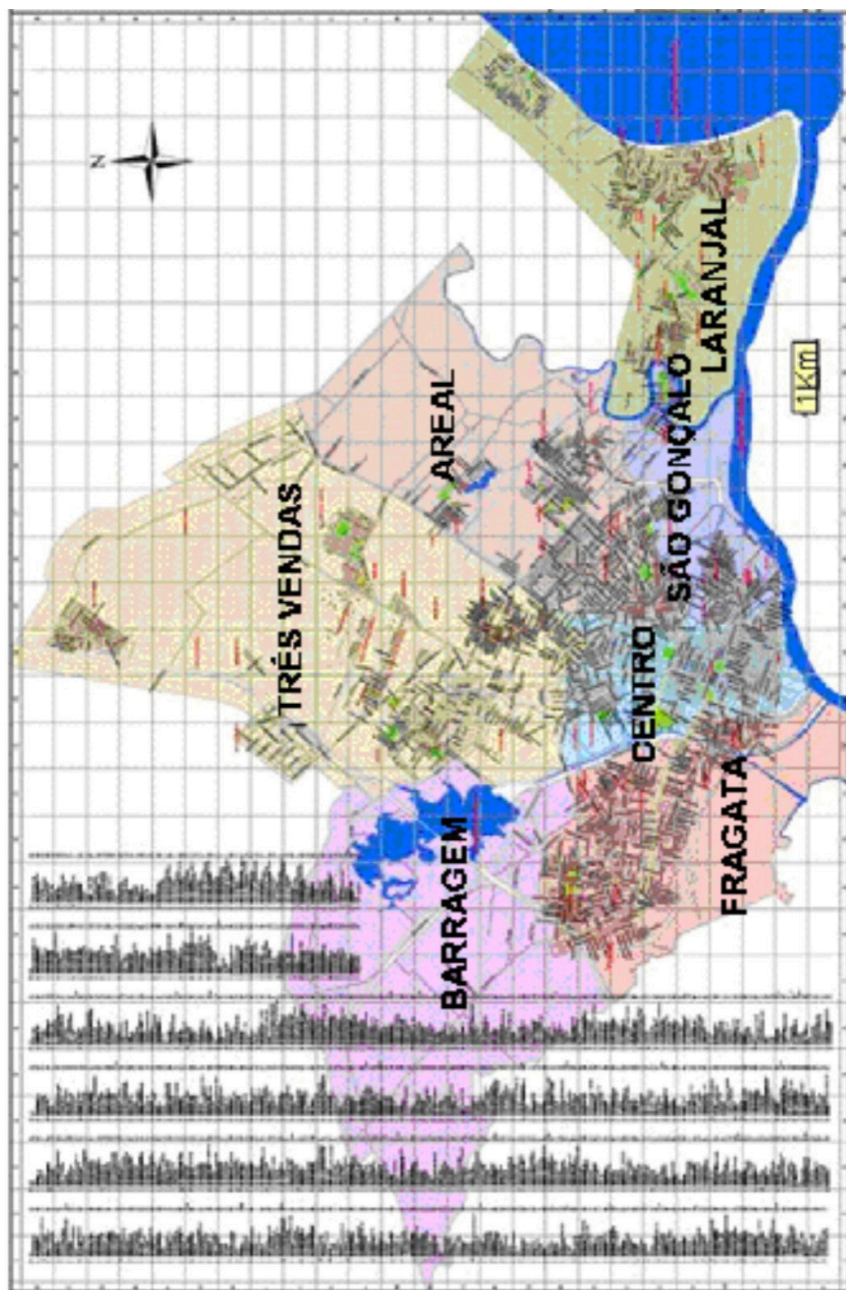


Figura 1. Regiões administrativas da cidade de Pelotas (PELOTAS, 2007).

1.2 Breve histórico dos satélites da série Landsat

O nome inicial da série foi *Earth Resources Technology Satellite* - ERST sendo mais tarde rebatizada LANDSAT, combinação da palavra *Land*, que significa terra em inglês e a abreviação *Sat* de *Satellite*. O Landsat foi construído a partir da plataforma de um satélite meteorológico pretérito, o NIMBUS. Os primeiros satélites foram utilizados durante a década de setenta e apresentavam uma resolução espacial de 79 metros para as 4 bandas no visível - infravermelho próximo e de 240 metros para a banda no infravermelho térmico. Carregava dois tipos de sensores, o *Multispectral Scanner Subsystem* - MSS e um sistema de varredura constituído por três câmeras de televisão, o *Return Beam Vidicom* – RBV. Nos satélites Landsat 4 e 5 houve mudanças, sendo adicionado um novo sensor, o *Thematic Mapper* - TM e retirado o sistema RVB. Houve um aprimoramento na resolução espacial, alcançando 30 metros para as bandas do visível – infravermelho e 120 metros para o infravermelho térmico. Quanto ao tamanho das cenas, não houve nenhuma alteração em relação ao MSS, continuaram a ser áreas quadradas de 185 quilômetros de lado (JENSEN, 1996).

O satélite Landsat 5 continua em operação há mais de vinte anos, superando as expectativas de seus construtores. Após ele, já foram lançados dois novos satélites do programa, o Landsat 6, em 1993, que não entrou em operação por problemas técnicos e o Landsat 7, lançado em 1999, com modificações técnicas e desativado em 2003. Foi incorporado o sensor Enhanced Thematic Mapper Plus – ETM+ que, comparando com o sensor TM, adicionou uma banda pancromática com 15 metros de resolução e uma réplica da banda do infravermelho termal com ganância diferenciada e resolução de 60 metros (NASA, 2007).

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Planejamento Ambiental da Embrapa Clima Temperado. Foram utilizadas imagens temáticas do satélite Landsat 5 relativas aos anos de 1987, 1995 e 2003, processadas via computador. A imagem de 1987 é de domínio público (UNIVERSITY, 2007), sendo que as imagens de 1995 e de 2003 foram extraídas do banco de dados disponível no Laboratório de Planejamento Ambiental da Embrapa Clima Temperado.

O processamento das imagens foi realizado por meio do aplicativo ER-Mapper (EARTH, 1995). As imagens foram georreferenciadas considerando o sistema Transecto Universal de Mercator – UTM (zona 22) e o datum Córrego Alegre, em função das folhas cartográficas 1:50.000 (BRASIL, 1979). Posteriormente, as manchas urbanas foram digitalizadas e efetuados os cálculos estatísticos, que envolveram as avaliações de área. Os procedimentos aplicados são de uso rotineiro em processamento digital de imagens (CROSTA, 1993; MOREIRA, 2005).

Para avaliar os erros metodológicos, foram digitalizados, em duplicata, polígonos genéricos sobre as manchas urbanas das imagens, sendo calculada a diferença de área em cada caso.

3. Resultados e Discussão

3.1 Precisão do método

A diferença de área para cada par de polígonos correspondentes às duplicatas foi calculada como porcentagem da área média e denominado Erro (Tabela 1). Os três menores valores de área apresentam-se com erro médio de 14 % e os quatro maiores valores de área apresentam-se com erro médio de 3 %. Isso sugere uma dependência entre tamanho

de polígono e erro de digitação, que é verificada por meio do gráfico de dispersão Erro versus Área (Figura 1). Assim, é possível inferir o seguinte padrão de comportamento:

(1) Área de polígono inferior a 750 hectares: $E = 16,5 - 0,0177.A$

Sendo "E" o erro de digitalização em porcentagem e "A" a área dos polígonos em hectares.

(2) Área de polígono superior a 750 hectares: $E \sim 3 \%$

O erro de digitação é derivado, de maneira predominante, do confundimento entre pixels de ocupação urbana e de solo exposto, principalmente no setor limítrofe da mancha de ocupação, onde o perímetro do polígono é digitalizado. Destaca-se que nessas regiões predominam pixels transicionais, ou seja, com ocupação urbana parcial, idem para solo exposto, incrementando o processo de confundimento.

Tabela 1. Erros associados ao processo de avaliação de áreas de ocupação urbana via imagens orbitais Landsat 5.

Polígono	Área (hectares)	Erro (%)
1	93	10,4
2	371	15,4
3	454	6,9
4	31	22,2
5	3870	2,9
6	317	12,6
7	696	2,2
8	744	3,5
9	62	10,0
10	4446	3,5
Média	1088	9,0

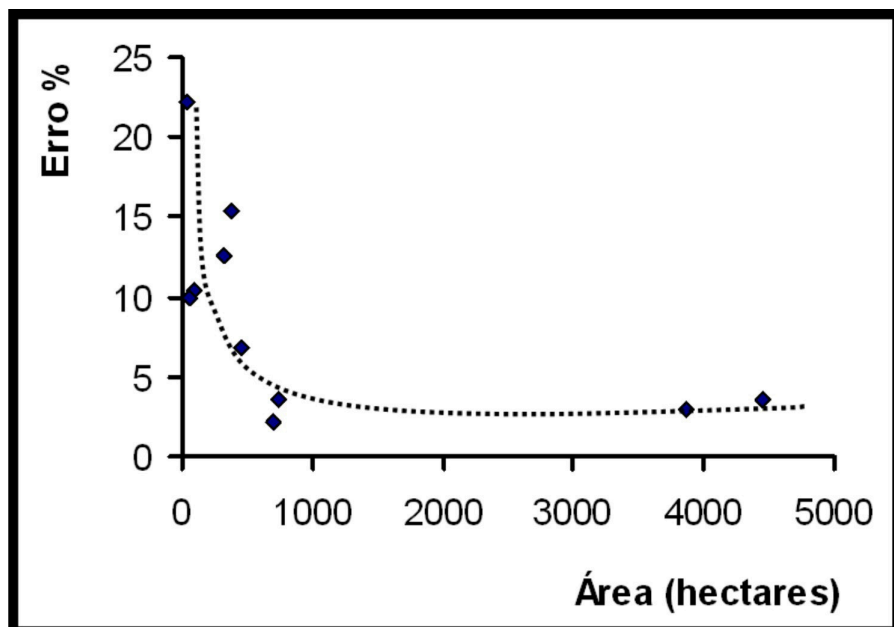


Figura 1. Gráfico de dispersão do erro de digitação em função da área dos polígonos em hectares.

3.2 A evolução da ocupação urbana de Pelotas – RS no período 1987- 2003

A Figura 2 corresponde a uma composição RGB das bandas 4, 2 e 1 do sensor TM do satélite Landsat 5 de 1987. Ao fazer uma análise preliminar da imagem, nota-se que a cidade possuía uma urbanização mais homogênea na porção central. Entretanto, nos bairros, a urbanização era mais esparsa, ou seja, o aglomerado urbano não aparece de maneira tão concentrada quanto no centro da cidade. Nessas áreas se observam setores não urbanizados que não foram contextualizados no presente trabalho.

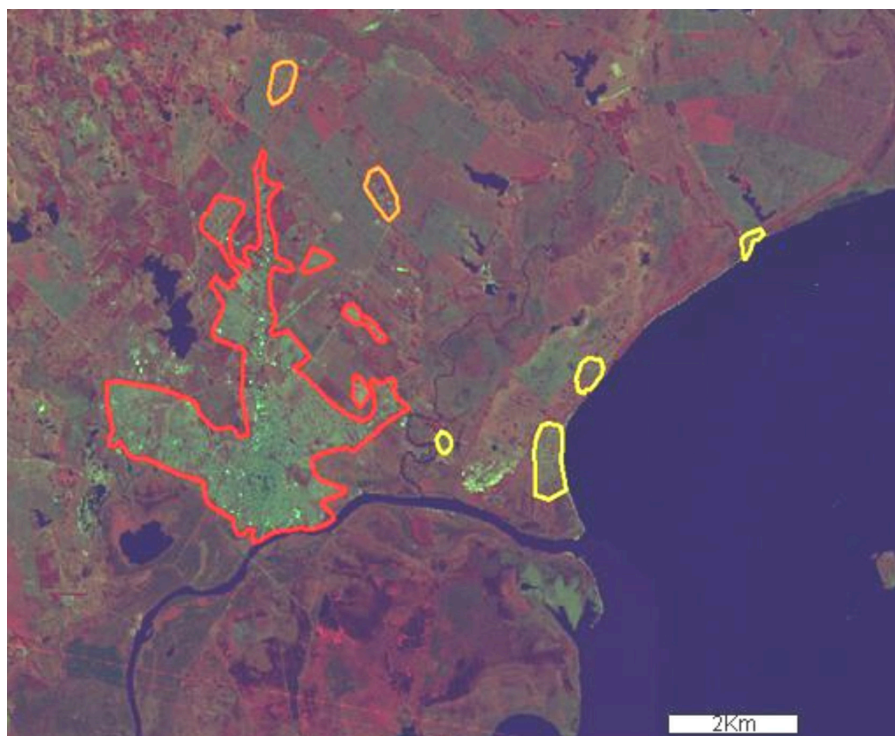


Figura 2. Composição colorida das bandas 4, 2 e 1 do sensor temático do satélite Landsat 5, levantada em 1987, em RGB. As regiões Central, Norte e Litoral foram identificadas com contorno vermelho, laranja e amarelo, respectivamente.

Para a imagem de 1995 usou-se uma composição colorida que imita as cores reais (Figura 3). Notam-se alterações significativas em algumas partes da cidade como no caso da zona oeste. A diferença é notável se comparada à imagem de oito anos atrás. A composição utilizada nesta imagem foi a que imita a cor natural, isto é, as bandas 3, 2 e 1 em RGB. A região litorânea sofreu um aumento significativo da urbanização se comparada com a Figura 3, assim como outros pontos da cidade (região norte) que também tiveram acréscimos de área urbana significativos. Destaca-se a ocorrência de nuvens em abundância, caracterizadas por uma mancha branca e sua imagem simétrica em preto (sombra).

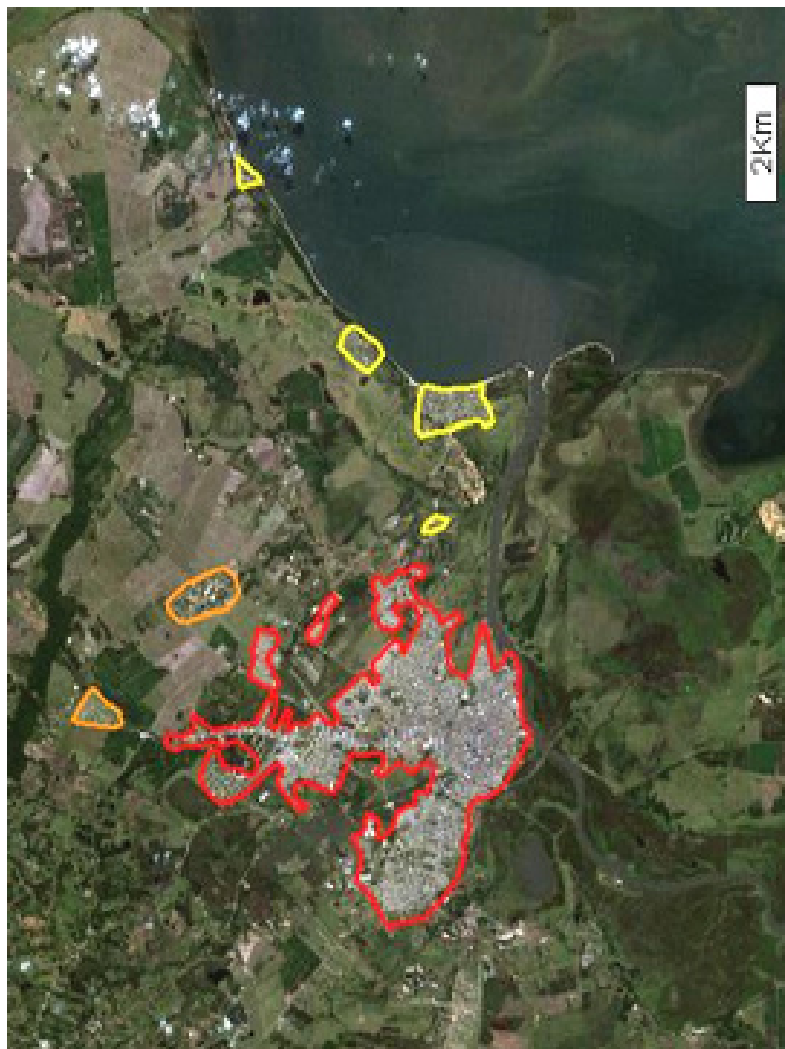


Figura 3. Composição colorida das bandas 3, 2 e 1 do sensor temático do satélite Landsat 5, levantada em 1995, em RGB. A regiões Central, Norte e Litoral foram identificadas com contorno vermelho, laranja e amarelo, respectivamente.

Na imagem de 2003 usou-se composição colorida análoga à anterior, sendo que a cidade apresenta-se com uma configuração parecida com a de hoje (Figura 4).

Nota-se um adensamento ainda maior em direção aos bairros principalmente em relação à área norte, leste e litoral da cidade, pois para outras áreas há restrições por questões geográficas como na zona central (região sul) que tem seu limite no canal São Gonçalo e a zona oeste que tem seu limite definido por banhados e o arroio Santa Bárbara. Para auxiliar na avaliação anterior, de caráter empírico, foram quantificados os polígonos de ocupação urbana, digitalizados a partir das imagens Landsat (Tabela 2).

Tabela 2. Evolução da área do perímetro urbano da cidade de Pelotas e taxa de crescimento em relação a 1987.

Região	1987	1995		2003	
	Area - ha	Area - ha	Taxa - %	Area - ha	Taxa %
Central	4281	4934	15 %	5612	31 %
Norte	211	381	81 %	523	148 %
Laranjal	361	484	34 %	736	104 %
Total	4853	5779	19 %	6872	42 %

No ano de 1987, a área urbana total do município de Pelotas correspondia a 4853 hectares. Essa área apresentou um aumento de 19% ou o equivalente a 926 hectares em 1995, alcançando uma área absoluta de 5779 hectares, tendo aumento significativo na região Norte, que alcançou uma taxa percentual de 81 % de aumento ou aumento absoluto de 170 hectares. A área litorânea, por sua vez, teve um aumento percentual de 34 % e um aumento absoluto de 123 hectares. Em contrapartida, a região Central foi a que menos cresceu, alcançando um aumento percentual de 15 % e um aumento absoluto de 653 hectares.



Figura 4. Composição colorida das bandas 3, 2 e 1 do sensor temático do satélite Landsat 5, levantada em 2003, em RGB. As regiões Central, Norte e Litoral foram identificadas com contorno vermelho, laranja e amarelo, respectivamente.

Apesar da região Central não ter um crescimento tão expressivo, tem que se levar em consideração que esta área contém a principal porção da cidade, onde há restrições de áreas desocupadas e maior competição pelo espaço físico. Porém, é possível perceber certa possibilidade de expansão nos bairros Três Vendas, Fragata e Areal (Figura 4).

Outra avaliação a ser feita é da evolução da área ao longo do tempo, entre 1995 e 2003. A ocupação urbana no município passou de 5779 hectares para 6871 hectares, sofrendo então um aumento percentual de 23 % com base em 1987. A região Litoral e Norte tiveram aumentos significativos, de 484 hectares para 736 hectares e de 381 hectares para 523 hectares, respectivamente. Isso significa uma expansão de 70 % para a região Litoral e de 57 % para a região Norte, considerando como base 1987. A região Central se manteve semelhante ao período anterior.

Filippini Alba e Siqueira (2001) usaram método semelhante para avaliar a ocupação urbana da região de Pelotas, alcançando um valor de 4182 hectares em 1995, diferente do valor apresentado neste trabalho, de 4934 hectares. A diferença decorre da maneira como foram avaliadas às áreas de ocupação urbana. No referido trabalho, não foram consideradas a porção nordeste do Centro, a região do Jóquei Clube e as proximidades da Av. Fernando Osório, norte do bairro Três Vendas.

Em termos de taxa de crescimento anual, a região Central apresentou-se com um valor quase uniforme de 2% (Tabela 3). Esse valor é próximo ao do total avaliado, 2 – 3 %, em função do seu tamanho dessa região. Nas regiões Norte e Litoral houve um crescimento diferenciado com taxa de expansão de 8 – 10 % ao ano, com exceção do período 1987 – 1995 quando o Litoral teve taxa de 4,2 % ao ano.

Tabela 3. Taxas de expansão anual da ocupação urbana do município de Pelotas, RS (1987 - 2003).

Região	Período	
	1987 - 1995	1995 - 2003
Central	1,9 %	2,0 %
Norte	10,1 %	8,4 %
Litoral	4,2 %	8,8 %
Total	2,4 %	2,9 %

5. Considerações Finais

Os dois períodos considerados mostraram resultados parecidos no tocante à expansão de área total. A taxa de crescimento foi praticamente constante na região Central, com expansão significativa em pequenas áreas afastadas do Centro. O crescimento da cidade se direciona para as zonas norte, leste e litoral, devido à disponibilidade de espaço físico.

As zonas com menos densidade de urbanização estão localizadas longe do centro, como na região Norte (norte de Três Vendas) e a região Litoral (balneários e colônia Z3). Contrapondo estas zonas, estão as zonas oeste (Fragata), leste (Areal) e o próprio Centro da cidade que possuem uma concentração urbana mais intensificada.

O erro metodológico foi avaliado em 3 – 13 % dependendo do tamanho dos polígonos, sendo o menor valor correspondente às grandes áreas (região Central). O crescimento nas regiões menores (Norte e Litoral), superou significativamente esse valor.

Estudos desse tipo apresentam-se como instrumentos promissores em termos de planejamento ambiental e urbano, sendo necessária a incorporação de variáveis sócio-econômicas para fornecer uma visão abrangente direcionada para o ordenamento territorial e tomada de decisão das políticas públicas.

Referências

ASSAD, E.D.; SANO, E.E.. Sistema de informações geográficas. Aplicações na Agricultura. Brasília: EMBRAPA SPI; EMBRAPA CPAC, 1998. 434 p.

BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico. Região Sul do Brasil – 1:50.000. Folha SH 22-Y-D-IV-3 MI-3020/3 (Pelotas). Porto Alegre, 1979. 1 mapa.

CROSTA, A.P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: UNICAMP, 1993, 170p.

EARTH RESOURCE MAPPING. ER-Mapper 5.0: Applications. West Perth: Earth Resource Mapping, 1995. 372 p.

FILIPPINNI-ALBA, J.M.; SIQUEIRA, O.J.W.. Geoprocessamento aplicado à análise da evolução da ocupação urbana em algumas cidades da zona sul, RS, 1975 - 1995. Vetor, Rio Grande, v. 11, p 7 - 16, 2001.

JENSEN, J. Introductory digital image processing. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996. 316 p.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. VIÇOSA: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 320 p.

NASA. The Landsat program. Disponível em: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/> Acesso em: 2 out. 2007.

PELOTAS. Prefeitura Municipal. Mapa da área urbana de Pelotas. Disponível em: http://www.pelotas.com.br/politica_urbana_ambiental/planejamento_urbano/. Acesso em: 9 ago.2007.

UNIVERSITY OF MARYLAND INSTITUTE. Base de dados Glovis. Disponível em: <<http://www.umiacs.umd.edu/>>. Acesso em: 9 mai. 2007.

SOARES, L.R. Ponto de vista. Disponível em: <http://www.diariopopular.com.br/05_02_07/ponto_de_vista.html>. Acesso em: 25 jun. 2007.

TUCCI, C. América do Sul discute medidas contra cheias. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/jornal/setembro2002/pag04.html>>. Acesso em: 23 mai. 2007.

